INTRODUÇÃO

✧ ✧

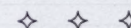
O caráter de brevidade apontado pelo título desta coleção se apresenta de forma mais clara agora que adentramos o século XIX. Nos volumes anteriores, a ciência ainda dava os primeiros passos, com a intensidade dos debates físicos e astronômicos no século XVII e sua extensão para a matéria no século XVIII. No século XIX, a ciência amplia sua abrangência, com a consolidação da biologia e diversas outras áreas. Intensificaram-se os debates em todos os seus ramos. A impossibilidade de aprofundar temas e expandir os estudos para outras áreas começa a ficar patente. Procuramos suprir essa fraqueza de aprofundamento, presente em todo livro que se pretenda introdutório, com a busca de uma visão global das relações entre as diversas ciências. Ao abrirmos mão da profundidade, do olhar microscópico e detalhado sobre cada área da atividade científica, ganhamos na visão do plano geral, das relações entre as idéias, inclusive aquelas que talvez tenham sido apenas mencionadas nesse volume.

Algumas temáticas que surgiram no século XIX, mas só se desenvolveram no século XX, foram propositadamente "esquecidas" nesse volume para ganhar importância no próximo. Com isso desejávamos não ter de cortar suas histórias pelo simples fato de se ter mudado o século em questão.

Este livro tratará de um momento único da história da ciência. Talvez possamos dizer que a ciência construída por Galileu, Newton, Descartes e Leibniz chegava finalmente ao seu ápice, a ponto de gerar um novo tipo de crença. Para o homem do século XIX, a ciência podia tudo, seria a ferramenta da redenção. Embora todo aquele progresso gerasse efeitos colaterais, a própria ciência teria condições de saná-los.

Esse tempo de prosperidade, felicidade e fé nas conquistas do conhecimento humano — e de suas aplicações ao cotidiano por meio da tecnologia — bem poderia ser chamado de *belle-époque* da ciência.

1

O CENÁRIO DO SÉCULO XIX

O século da indústria

Ao longo do século XIX, a vida de grande parte de homens e mulheres que habitavam o continente europeu e suas colônias foi transformada radicalmente pelo fenômeno da industrialização. Gerado por um leque de fatores, o advento da indústria como forma de organização do trabalho teve na união entre ciência e técnica um de seus alicerces.

Na primeira Revolução Industrial, ocorrida no século XVIII, a construção das máquinas a vapor iniciou um processo de ligação, ainda que tênue, entre um saber empírico proveniente do trabalho de engenheiros e o conhecimento teórico, herdeiro da filosofia da natureza. Alguns industriais ingleses adquiriram fundamentos de mecânica teórica por meio de cursos itinerantes dados por professores da Royal Society inglesa. Embora essa ligação fosse importante, a maioria dos desenvolvimentos técnicos que permitiram a aplicação do vapor ao trabalho das máquinas teve uma base quase toda empírica. Somente no final do século XVIII, quando a Revolução Industrial já se desenrolava há quase um século, os homens de ciência começaram a construir modelos teóricos que explicassem o funcionamento

daquelas máquinas. Já na segunda Revolução Industrial, ocorrida no século XIX, o processo foi totalmente diferente.

A aplicação da eletricidade à indústria só aconteceu depois que os desenvolvimentos teóricos já se encontravam bem fundamentados. O tempo que separava teoria e prática foi brutalmente reduzido, de 100 anos, na primeira Revolução Industrial, para um, na segunda. Michael Faraday apresentou à Royal Institution sua teoria da indução eletromagnética em 1831, e no ano seguinte já eram fabricados os primeiros motores elétricos. Naquele momento, ciência e técnica já haviam se fundido, surgindo aquilo que conhecemos hoje como tecnologia, que emprega os métodos e as teorias da ciência na resolução de problemas técnicos. Essa aproximação foi fundamental para o processo de industrialização, que começou na Inglaterra, mas se espalhou por outras regiões do continente europeu.

No final do século XIX, a Inglaterra era a nação mais poderosa do mundo, mas perdia fôlego perante a outras regiões continentais. A tecnologia encurtou a distância entre essas nações e a Grã-Bretanha, pois elas conseguiram unir teoria e prática de forma efetiva, enquanto os engenheiros ingleses continuavam, ainda por um bom tempo, a basear seu trabalho na tradição empírica. A reviravolta tecnológica fez com que jovens nações, até então periféricas, como a Alemanha unificada e os Estados Unidos da América, se tornassem potências industriais emergentes no final do século.

A ascensão da Alemanha como potência industrial foi significativa. Sem acesso às matérias-primas fartamente obtidas por outros países com forte presença colonial, os alemães tiveram de investir na fabricação de produtos sintéticos. Com isso,

conseguiram desenvolver uma importante indústria química paralela à produção de artefatos mecânicos e elétricos. Esse projeto industrial ancorou-se na união entre ciência e técnica, não só no campo da produção industrial, mas também em seu sistema de ensino — que valorizava o pensamento especulativo ao mesmo tempo que o trabalho técnico. Depois da reforma educacional prussiana, que criou, sob a liderança de Wilhelm von Humboldt (1767-1835), a Universidade de Berlim, em 1810, foram surgindo diversos centros universitários a partir de um mesmo princípio: a união entre ensino e pesquisa.

Quando a Alemanha se unificou, em 1871, o novo Estado já contava com importantes universidades e institutos politécnicos — uma espécie de escola de engenharia em que o aprendizado teórico estava intimamente ligado à indústria. Por fim, as próprias indústrias começaram a abrir laboratórios e a financiar o processo de inovação.

Essa política educacional e de indústria deu surgimento a uma quantidade enorme de inventos que iam desde o motor a explosão interna, construído por Nikolaus Otto (1832-91), ao automóvel de Gottlieb Daimler (1834-1900) e Karl Benz (1844-1929), passando pelo dínamo elétrico de Werner von Siemens (1816-92). Como os próprios nomes indicam, vários desses engenheiros criaram empresas para comercializar seus inventos, sendo que algumas delas cresceram e tornaram-se conglomerados ainda hoje existentes.

A França — que durante o período revolucionário pôde iniciar uma política científica comandada por alguns matemáticos, físicos e químicos — passou por um processo bastante turbulento que durou quase todo o século XIX. Muito desse

4

esforço, fomentado e gerido pelo Estado, tinha como objetivo a supremacia militar. No início do século, Napoleão Bonaparte contava com os conselhos de diversas lideranças científicas na construção de seu projeto hegemônico. Entretanto, as alternâncias de poder, produzidas por diversas rupturas, dificultaram bastante a continuidade desse projeto.

O jovem general, contudo, produziu algumas reformas que permaneceram e auxiliaram a França a manter seu status econômico em meio a esse turbilhão de guerras e revoltas. Dentre elas, a reforma da educação trouxe sua universalização sob o comando do Estado, e fez espalharem-se por todo o território escolas primárias e liceus onde a ciência passou a ter importância significativa na formação de crianças e jovens. Mesmo numa nação cujo controle da economia dependia demasiadamente do Estado, diversos capitalistas conseguiram prosperar e desenvolver regiões industriais.

Do outro lado do Atlântico, os Estados Unidos começavam a despontar como potência industrial após a Guerra Civil e a conquista do Oeste, quando o território ampliou-se significativamente. A mecanização da agricultura na região central do país produziu grande desenvolvimento agrícola ancorado na expansão das regiões de plantio. Esse projeto impulsionou o desenvolvimento industrial no campo da construção de máquinas para a realização de tais trabalhos.

De uma forma geral, ao longo do século XIX, o desenvolvimento científico não podia mais ser pensado de modo independente do desenvolvimento da indústria. As grandes nações, que conseguiram colocar-se na dianteira do processo industrial, foram aquelas que produziram a base do pensamento científico.

✧ Paris: a racionalização do espaço urbano ✧

Na metade do século XIX, Paris sofreu uma grande reforma urbanística. As ruas e casas construídas desde a Idade Média, com seus traçados sinuosos, fruto de uma ocupação natural, deram lugar a grandes avenidas e majestosos prédios. A racionalização geométrica comandou os traços urbanísticos, e a idéia de grandiosidade presente nos palácios fazia lembrar a antiga Atenas. Enormes espaços vazios e jardins surgiram para realçar a majestade dos prédios.

A indústria demandava da ciência soluções teóricas, e alguns cientistas passaram por ela antes de realizar trabalhos de vulto. Mesmo aqueles que tiveram sua formação e vida profissional dentro dos muros da universidade, com aparente independência dos assuntos industriais, trabalhavam sobre questões ligadas aos problemas tecnológicos daquela época.

Louis Pasteur (1822-95), por exemplo, foi um químico que se inseriu nos debates teóricos e experimentais sobre a geração espontânea a partir de problemas industriais ligados ao fenômeno da fermentação. James Prescott Joule (1818-89) deu importantes contribuições à termodinâmica a partir de questionamentos levantados em sua fábrica de cerveja, que punha fartamente à sua disposição máquinas térmicas e motores elétricos. Aqueles considerados mais teóricos, como James Clerk Maxwell (1831-79), trabalharam sobre problemas teóricos gerados pela nova indústria eletrotécnica.

Essa ligação direta fez com que os países que permaneceram com suas economias ligadas sobretudo ao setor agrícola durante todo o século se tornassem também pobres em termos de pensamento científico. A proximidade dos problemas técnicos fazia com que os cientistas das nações industrializadas se mantivessem na dianteira dos avanços teóricos.

As máquinas e os homens

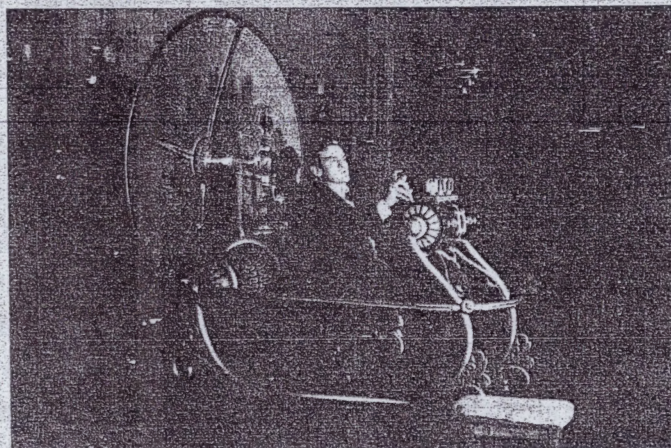
A população européia duplicou ao longo do século XIX, em conseqüência da redução das taxas de mortalidade, enquanto se mantinham altas as taxas de natalidade; além disso, grandes contingentes populacionais se transferiram dos campos para as cidades. Por volta da segunda metade do século, a Inglaterra, que

liderava o processo de Revolução Industrial até então, já possuía uma população urbana maior que a rural. Esse aumento do número de pessoas nas principais cidades européias fez com que surgisse um excedente de mão-de-obra em busca de trabalho — fator fundamental para o desenvolvimento do modelo de industrialização calcado na organização fabril.

Ao mesmo tempo, o progresso dos meios de transporte encurtou bastante o tempo gasto para percorrer as distâncias. Barcos a vapor substituíram antigos veleiros, e redes de estradas de ferro passaram a interligar as cidades a partir da segunda metade do século XIX. Essas inovações fizeram com que os produtos chegassem ao interior dos países num curto intervalo de tempo, e aproximou colônias e metrópoles, incrementando a circulação de matérias-primas em troca de produtos manufaturados. Muitos trabalhadores desempregados nos grandes centros industriais imigraram para as colônias da América e da África, levando consigo a lógica capitalista que permitiu montar a base de sustentação do comércio com as metrópoles.

O desenvolvimento técnico cristalizou um enorme sentimento de esperança ao longo do século. As máquinas que invadiam o cotidiano europeu apresentavam-se agora como a chave para a construção de um futuro próspero, fazendo antever um tempo no qual os principais problemas que afligiam a humanidade poderiam ser resolvidos pela ciência aplicada. O ideal de progresso cultivado pelos intelectuais no século anterior ganhou as ruas. O homem havia se libertado das limitações impostas pela natureza e pelas visões religiosas de outrora. A razão tornava-o senhor de seu próprio destino. Parecia não haver limites para a ciência e a tecnologia. Prometeu, enfim, fora desacorrentado.

6

A literatura de ficção científica

O processo de industrialização, no qual a máquina, em certa medida, começou a substituir diversos trabalhos antes executados por homens, fez emergir um tipo de literatura na qual se procurava projetar o futuro que a ciência poderia trazer. Na Inglaterra, H.G. Wells (1866-1946) se destacou nessa linha escrevendo novelas para jornais, acompanhadas diariamente pelas populações urbanas que habitavam as enormes cidades industriais. Suas histórias eram críticas em relação à conservadora sociedade inglesa comandada pela rainha Vitória e projetavam máquinas maravilhosas que permitiam ao homem viajar no tempo ou se confrontar com seres de outros planetas.

Na França, Jules Verne (1828-1905) seguiu caminho similar, focalizando suas histórias em aventuras ao redor do mundo, sem deixar que a tecnologia também apresentasse suas benesses. Como crítico de seu tempo, Verne utilizou seu mais famoso personagem, o capitão Nemo, do livro *Vinte mil léguas submarinas*, para mostrar os descaminhos de uma sociedade tão avançada do ponto de vista tecnológico, mas com uma mentalidade belicista quase imutável ao longo da história.

Ao mesmo tempo que esse sentimento crescia, milhares de pessoas que haviam deixado os campos acabaram impelidas a trabalhar em condições subumanas nas grandes cidades. Os ateliês familiares, que antes produziam a riqueza, agora organizavam-se sob a forma de fábricas onde dezenas de pessoas trabalhavam juntas em jornadas que ultrapassavam as 14 horas diárias, controladas pelos olhos atentos de um poder centralizado. A concepção de Universo-máquina chegava ao mundo do trabalho, fazendo dos homens engrenagens que operavam de forma organizada e sincronizada. O ferro foi substituindo paulatinamente a madeira como principal matéria-prima da era industrial, e sua fabricação exigia quantidades cada vez maiores de carvão mineral. A extração de carvão nas minas tornou-se um negócio rentável, sendo feita em condições precárias por mineiros que passavam a maior parte do dia sem ver a luz do sol, acumulando problemas de saúde.

Essa contradição entre a utopia e a realidade foi vivida de forma intensa e marcou definitivamente o século XIX. Embora o projeto político da Revolução Francesa tenha fracassado, seus ideais se difundiram e deixaram sementes por todo o mundo, tanto sob a forma de movimentos de libertação nacional como na organização de homens e mulheres na luta contra as condições degradantes de trabalho. Os sonhos de uma sociedade igualitária deram origem aos movimentos socialistas que se espalharam por toda a Europa.

Construída ao longo dos 200 anos anteriores, a ciência moderna estava no cerne dessa contradição. Ao mesmo tempo que se situava na origem de todos esses acontecimentos, pela sua componente tecnológica gerenciada pelo capital, ela passou

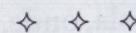
a ser vista como ferramenta fundamental para a melhoria das condições de vida daquelas populações. Só com a compreensão científica dos mecanismos que levaram às condições de exploração se poderiam libertar homens e mulheres do jugo da opressão.

O socialismo científico de Karl Marx (1818-83), além de colocar a nu a sociedade industrial e capitalista, apontava para sua superação, a partir da criação de mecanismos concretos que permitiriam construir uma nova sociedade — na qual a propriedade privada seria abolida, em seu estágio mais elevado de organização, o comunismo.

Dessa forma, a ciência atingia o seu ápice no imaginário das sociedades européias. Como causa e solução de todos os problemas, pode-se dizer que, após 200 anos de consolidação, a ciência vivia sua belle-époque.

2

O POSITIVISMO

✧ ✧ ✧

Desde o século XVIII os filósofos naturais já apontavam para algumas questões metodológicas relativas à construção do conhecimento científico. A negação de explicações baseadas em causas ocultas, não detectáveis pela experiência, era um dos aspectos desses debates. Diversos filósofos naturais denunciavam que essas práticas, consideradas metafísicas, deveriam ser expurgadas da ciência.

Isaac Newton (1642-1727) foi um dos primeiros filósofos naturais a negar o uso de hipóteses não comprovadas experimentalmente na construção das teorias (*hypoteses non fingo*). Os filósofos iluministas, herdeiros do pensamento newtoniano, tomaram essa questão como bandeira e passaram a condenar a presença de explicações metafísicas na prática científica, mesmo quando essas hipóteses resolviam alguns problemas básicos da ciência. No centro dessas discussões estavam fundamentos de importantes teorias, como a ação a distância entre massas proposta pelo próprio Newton, a idéia do flogístico proposta por Stahl (1660-1734), ou a de princípio vital para explicar a vida.

No início do século XIX, a questão já ganhava ares de fundamento epistemológico na prática científica. Entretanto, faltava uma reflexão mais elaborada sob o ponto de vista filosófico. Na

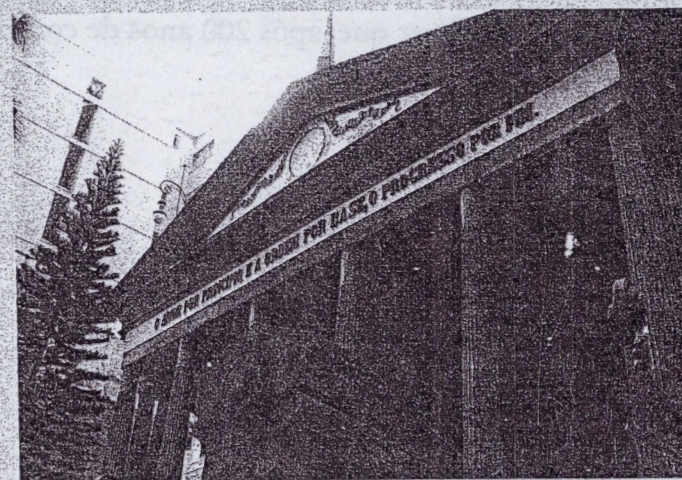
França, um ex-aluno da Escola Politécnica de Paris se propôs a tratar do tema.

Auguste Comte (1798-1857) nasceu em Montpellier, no sul da França. Aos 16 anos, ingressou na Escola Politécnica, criada pelos revolucionários franceses para ministrar uma educação científica básica aos futuros engenheiros. Comte sentiu-se atraído pelo clima da escola, onde, segundo ele, a comunidade respirava a verdadeira ciência, livre das especulações metafísicas ou teológicas presentes nas universidades francesas. Com as guerras napoleônicas não conseguiu concluir seus estudos. Como autodidata, leu diversos autores da época, tornando-se amigo e auxiliar do filósofo Saint-Simon (1760-1825), uma das referências do socialismo utópico. Mais tarde rompeu com o amigo e passou a desenvolver sua reflexão filosófica de forma isolada. Comte construiu uma importante obra que pode ser dividida em duas fases.

A primeira fase teve seu ponto alto nos anos em que escreveu os seis volumes do *Curso de filosofia positiva*, editados entre 1830 e 1842, uma vasta obra na qual expunha sua epistemologia, que pode ser considerada continuação e aprofundamento da herança iluminista francesa. Nesse curso, o filósofo apresentava os fundamentos daquilo que denominou filosofia positiva, termo cunhado por Saint-Simon, mas desenvolvido por Comte e difundido por toda a Europa como uma escola de pensamento.

A segunda fase situa-se entre 1851 e 1854, quando escreveu e editou os quatro volumes do *Sistema da política positiva*, obra em que Comte apresentava uma análise da sociedade e propunha a criação de uma religião ateísta da humanidade. Esse trabalho

gerou repercussões no processo de constituição da sociologia, embora tenha sido negado posteriormente pelos seus principais ideólogos como referencial teórico da nova ciência, pelo seu caráter místico, fonte mesmo de contradições com a primeira fase do pensamento do próprio Comte. Mesmo assim, tanto O *sistema da política positiva* como outras obras dessa segunda fase levaram alguns seguidores do positivismo a institucionalizar a religião da humanidade, com templos e rituais.

✧ A religião da humanidade ✧

Um dos templos positivistas ainda existe hoje, na cidade do Rio de Janeiro, apresentando no portal o lema que inspirou os republicanos brasileiros: "*O amor por princípio, a ordem por base, o progresso por fim.*

A categorização positivista das ciências

O pensamento de Comte fazia uma análise da evolução da humanidade a partir de um estado primitivo de desenvolvimento até o atual. Numa época em que as classificações estavam na moda, o filósofo procurou ordenar o progresso da humanidade em três estados: teológico, metafísico e positivo.

O estado teológico seria aquele em que os homens atribuíam aos deuses as causas dos diversos fenômenos vivenciados no dia-a-dia. Na busca da causa última para tudo, chegou-se à elaboração do monoteísmo, unificando as diversas divindades num só Deus.

A seguir veio o estado metafísico ou abstrato. Nele, os homens buscavam explicações racionais para os fenômenos, mas, de forma ingênua, ainda procuravam essências na natureza. Para Comte, essa busca levou-os a criarem conceitos imaginários que acreditavam ser essas essências. Na visão comteana, essa busca era inútil, cabendo apenas à ciência levantar os fatos e relacioná-los por meio de leis.

O terceiro estado é o positivo, que leva os cientistas a não fazer aquelas inferências sobre a realidade última da natureza. A única realidade existente seria a fornecida pelos fatos. A ciência deveria restringir-se a criar leis que os correlacionassem. Com isso, era possível evitar explicações fantásticas, de caráter metafísico, para privilegiar os dados empíricos. Por fim, a ciência positiva deveria se eximir de tratar o absoluto, pois este transcenderia à experiência. A idéia de absoluto estava em íntima relação com a divindade. Uma ciência baseada nos fatos empíricos seria relativa por natureza.

Ao mesmo tempo que explicava a evolução do pensamento humano por meio dos três estados, Comte analisava as ciências

existentes em sua época à luz da classificação evolutiva. Num momento em que as ciências passavam por um processo de especialização, com o surgimento de novas fronteiras de investigação, o filósofo apontou a existência de seis ciências apenas: matemática, astronomia, física, química, biologia e sociologia.

Essa seqüência representava uma ordem de complexidade, de acordo com o positivismo, daquela que tinha seu objeto mais simples, a matemática, até a de objeto mais complexo, a sociologia. A transição de uma à outra ampliaria os campos de estudo; e a ciência seguinte tomava por base as anteriores. A matemática seria o fundamento do estudo da astronomia, que por sua vez fundamentaria a física, e assim por diante. Além disso, quanto menos complexo o objeto de uma ciência, maior a influência do

✧ O grau de complexidade das ciências ✧

Complexidade crescente do objeto de estudo →

Matemática	Astronomia	Física	Química	Biologia	Sociologia

← mais dedutiva — mais indutiva

"Percebe-se, com efeito, que, antes de empreender o estudo metódico de alguma das ciências fundamentais, é preciso preparar-se por meio do exame daquelas referentes aos fenômenos anteriores, em nossa escala enciclopédica, posto que estes influenciam sempre, de maneira preponderante, aqueles de que se procura conhecer as leis."

Auguste Comte, *Curso de filosofia positiva*, segunda lição, XI

raciocínio dedutivo em detrimento do indutivo. A matemática utilizava-se praticamente apenas de raciocínios dedutivos.

Para Comte as seis ciências fundamentais estavam sujeitas aos três estados de evolução por que passou a humanidade, já que eram construções de homens inseridos na história. Dessa forma, a astrologia, a magia e a alquimia foram expressões do estado teológico da astronomia, da física e da química. Quanto mais fundamental fosse a ciência, mais rapidamente passaria pelos três estados. Assim, a matemática foi aquela que primeiro chegou ao estado positivo, logo seguida pela astronomia, no século XVI, pela física, no XVII, pela química, no XVIII, pela biologia, no século XIX. Segundo Comte, a sociologia seria a única que ainda não chegara a esse estado.

As correntes de pensamento positivistas já existentes na ciência ganharam sistematização filosófica com a obra desse pensador. Suas idéias, nascidas de questões com as quais os cientistas se defrontavam no início do século XIX, se espalharam pela Europa e acabaram influenciando a própria construção do conhecimento científico. Ao opor-se à busca das essências, o positivismo se contrapôs diretamente às correntes materialistas, que buscavam compreender a natureza última da matéria. À sua sombra nasceram diversas teorias e conceitos, ao mesmo tempo que outros tantos foram questionados.

Comte, ao procurar pensar a ciência como um todo, chegou a discutir, no *Curso de filosofia positiva*, alguns dos fundamentos do que considerava ser uma formação científica. Além de indicar que o estudo de uma ciência deveria acontecer segundo a seqüência de complexidade, ele discutia dois possíveis métodos de abordagem das ciências. O primeiro deles era o histórico, pelo

qual se poderiam aprender os fundamentos de uma ciência a partir de sua própria evolução. Em oposição a este, apresentava o método dogmático, em que a ordem dos conteúdos da ciência rompia com a seqüência histórica e se articulava a partir de uma lógica didática. O segundo método foi apresentado como o melhor caminho a ser seguido, dado o caráter de complexidade que as ciências vinham atingindo naquela época.

Comte chegou a dizer que um geômetra da Antigüidade aprendia sua ciência lendo os autores do passado, mas que, em pleno século XIX, isso não era mais possível. Essa linha de pensamento influenciou de forma intensa a nascente formação científica, pois incentivou a deixar-se de lado a leitura dos fundadores da ciência, que muitas vezes utilizavam conceitos metafísicos, em prol da utilização de livros didáticos. Essa é uma herança legada pelos positivistas às gerações seguintes.

Mesmo hoje, um estudante de qualquer nível de ensino aprende os fundamentos das ciências naturais em livros didáticos organizados a partir de uma lógica estritamente dogmática, segundo aquela imaginada por Comte. Contrariamente aos estudantes de outras áreas, um jovem aprendiz poderá adquirir todos os fundamentos de sua ciência sem nunca ter lido uma palavra escrita pelos seus fundadores. O medo da contaminação metafísica na formação dos jovens cientistas fez com que, em sua formação, se jogasse fora toda a história do pensamento científico, em nome de uma educação mais instrumental das teorias científicas.